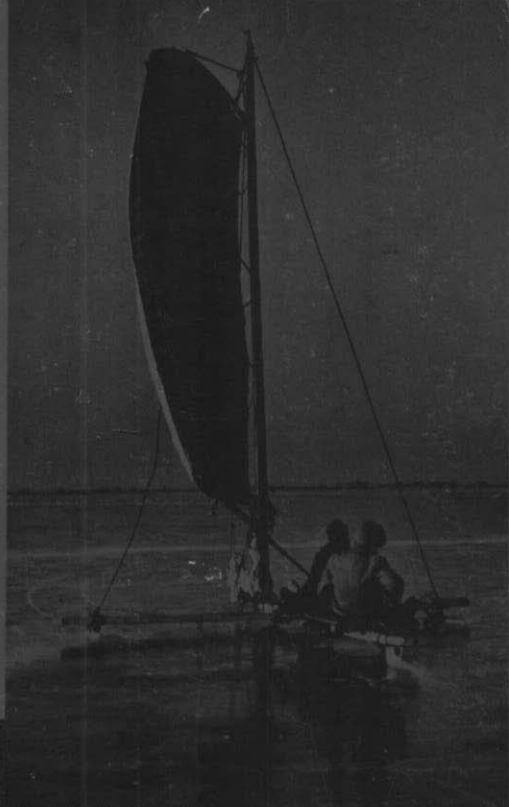
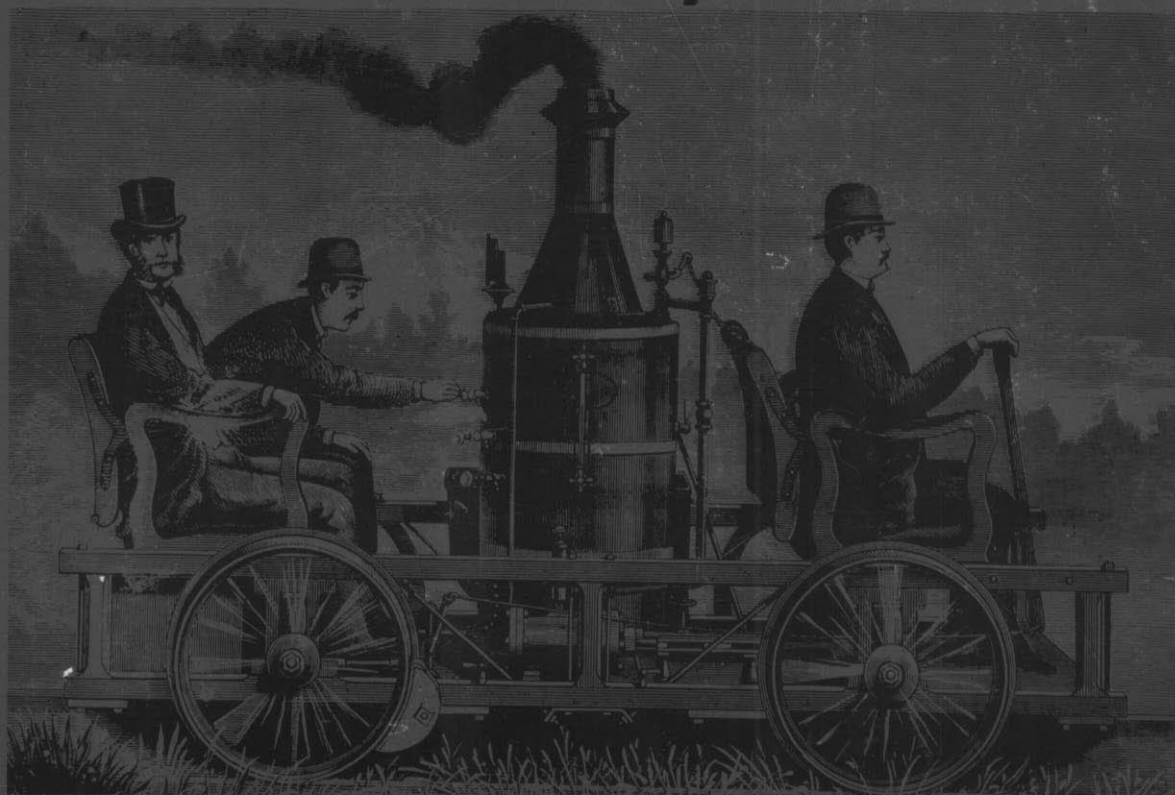


ijls,



water, stoom l



PLON ➔

BV Uitgeverij **nib**

ijs, water, stoom I

Samengesteld door de projectgroep van het PLON

voor de 2e klas

Experimentele versie



BV Uitgeverij **nib**

PROJECT LEERPAKKETONTWIKKELING NATUURKUNDE

- * Het Project Leerpakket Ontwikkeling Natuurkunde (PLON) is in 1972 begonnen onder auspiciën van de Commissie Modernisering Leerplan Natuurkunde (CMLN). De opdracht was: het ontwikkelen en door middel van onderzoek evalueren van leerpakketten voor natuurkundeonderwijs op mavo, havo en vwo, en het ontwerpen van een plan voor goede begeleide introductie daarvan in de scholen.
- * Het PLON werkt onder toezicht van een stuurgroep waarin vertegenwoordigers uit het onderwijs, de vervolgopleiding, didactische instellingen, onderwijsondersteuningsinstituten, lerarenopleidingen en het Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen vertegenwoordigd zijn.
- * Het PLON is ondergebracht bij de Vakgroep Natuurkunde Didaktiek van de Rijksuniversiteit Utrecht. Deze vakgroep participeert tevens in de activiteiten ten behoeve van havo-bovenbouw. Ten behoeve van vwo-bovenbouw bestaat een samenwerkingsverband met de universiteiten van Amsterdam (GU) en Groningen, en groepen leraren die werken aan de ontwikkeling van lesmateriaal.
- * Het adres van het PLON is:
PLON, lab. Vaste Stof, Postbus 80.008, 3508 TA, de Uithof, Utrecht
Tel. 030-532717

© 1981 Rijksuniversiteit Utrecht Project Leerpakket Ontwikkeling Natuurkunde/BV Uitgeverij N I B Zeist

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotocopie, microfilm of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

No part of this book may be reproduced in any form by print, photoprint, microfilm or any other means without the prior permission of the publisher.

Experimentele uitgave

inhoud

blz.

INLEIDING

5

BASISONDERZOEKEN

1 Maak je eigen thermometer	7
2 Aflezen van thermometers	11
3 Drie toestanden van water	17

KEUZEONDERZOEKEN

4 IJs en water	20
5 Stoom wordt water	23
6 Smelt- en stoldiagrammen	27

INSTRUCTIE

Diagrammen maken	29
------------------	----

Dit thema gaat over het smelten van ijs, over het koken (verdampen) van water en over het condenseren van stoom (waterdamp). Je 'ontdekt' wat er met de temperatuur van de stof gebeurt als de *vaste stof water* (ijs) overgaat in de *vloeistof water*, en ook als de vloeistof water overgaat in *waterdamp* (stoom). Het gaat hier dus om de *overgangen* tussen de verschillende *toestanden van water*.

OPDRACHT

In je dagelijkse omgeving kun je deze overgangen waarnemen. Schrijf daarvan eens wat voorbeelden op.

Je eerste activiteit straks is het maken van een thermometer. Je zult misschien denken: 'Wat heeft dat nu met smelten, koken en condenseren te maken?' Een thermometer gebruik je om de temperatuur te meten. En de temperatuur is belangrijk om de overgangen tussen de verschillende toestanden (van water) vast te leggen. Het is daarom nodig dat je goed met een thermometer kunt werken.

Als je de thermometer straks van een schaalverdeling gaat voorzien, maak je gebruik van het 'smeltpunt' en het 'kookpunt' van water. Wat dat is — het smeltpunt en het kookpunt — weet je na dit thema. Je weet dan ook *waarom* je het smeltpunt en het kookpunt gebruikt bij het maken van een thermometer-schaalverdeling.

Bij de eerste drie onderzoeken uit dit boekje kun je de volgende dingen doen:

- van een vloeistofthermometer precies nagaan hoe hij werkt
- temperaturen zo nauwkeurig mogelijk leren aflezen
- van water nagaan hoe het befrist, smelt, verdampt en condenseert en wat er dan met de temperatuur gebeurt
- een aantal metingen leren omzetten in een tabel en een diagram
- bepalen met welke nauwkeurigheid je metingen kunt doen

De eerste drie (basis)onderzoeken geven je de nodige basiskennis. Die zijn voor iedereen bedoeld.

Daarna kun je aan één van de keuzeonderzoeken werken om wat nauwkeuriger naar de overgangen tussen de verschillende toestanden van een stof te kijken en om te oefenen in het omgaan met diagrammen.

Achterin het boekje vind je informatie over het tekenen van diagrammen.

maak je eigen thermometer

Bij onderzoek 6 'warm en koud' uit *Een eerste verkenning in de natuurkunde* heb je misschien zelf een thermometer gemaakt. In die thermometer zat water en lucht.

Opdracht 1.1

- Beschrijf nog eens kort hoe die thermometer uit het onderzoek 'warm en koud' werkte (met een kleine tekening).
- Heeft een verandering in de luchtdruk invloed op de aanwijzing van deze thermometer? Leg uit waarom wel of niet.
- Leg uit waarom de thermometer uit het onderzoek 'warm en koud' eigenlijk niet zo'n beste thermometer is.

De thermometer die je nu krijgt bevat alleen maar vloeistof. Er staat nog geen schaalverdeling op. Die schaalverdeling ga je nu zelf maken.

PROEF 1.1

Je hebt nodig:

- een thermometer zonder schaalverdeling met drie rubber ringetjes
- een bekerglas met water uit de kraan

- * Houd de thermometer in het water.
 - Wat zie je gebeuren met de vloeistof in de thermometer?
- * Schuif het *middelste* van de drie rubber ringetjes op de plaats van het vloeistofniveau in de thermometer. Doe dit pas als het vloeistofniveau in de thermometer niet meer verandert.

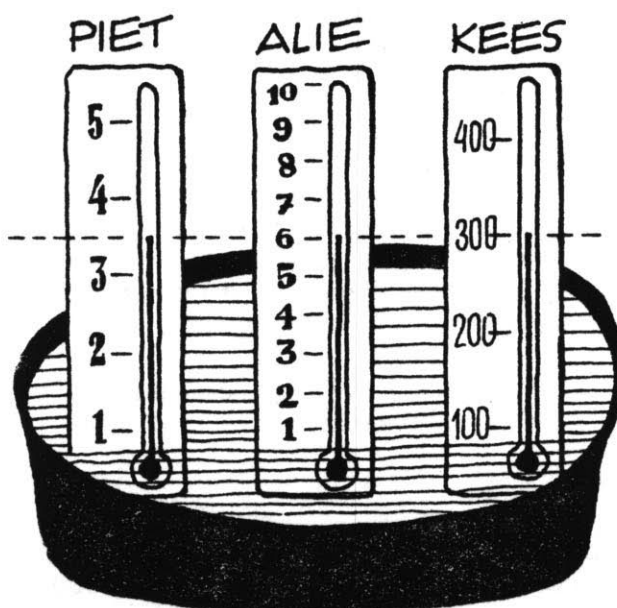
Opdracht 1.2

- Kun je opschrijven wat de temperatuur van het water uit de kraan is, als je alleen maar deze thermometer mag aflezen?
- Wat mankeert er dus aan deze thermometer?

Om aan te kunnen geven hoe hoog de temperatuur is, zou je achter het buisje van de thermometer een papierstrook kunnen plakken met een aantal streepjes. Het is wel handig om de streepjes op gelijke afstand te zetten. Als je dat gedaan hebt, kun je bij elk streepje een cijfer zetten: 1, 2, 3, 4, enz. Maar ook 10, 20, 30, ... is goed. En ook 401, 402, 403, ... Want nu kan je op je thermometer aflezen dat 403 graden warmer is dan 401 graden.

maak je eigen thermometer

- Op de tekening kun je thermometers zien die Piet, Alie en Kees hebben voorzien van streepjes.



Je ziet dat 3,5 graden Piet = 6 graden Alie = 300 graden Kees.
Wat is er fout gegaan?

Onze voorouders van vóór 1700 (n.C.) wisten nog geen raad met dit probleem. Daarom vind je in verhalen van vóór die tijd dan ook nooit mededelingen over hoe warm of hoe koud het precies was.

De Zweed Celsius (1701-1744) heeft er een oplossing voor bedacht¹.

Celsius

Om verwarring te voorkomen heeft men een streepjesverdeling afgesproken. Die verdeling komt van de Zweedse onderzoeker Celsius (1701-1744), die zijn streepjes als volgt heeft aangebracht:

- Hij stak zijn bolletje in *smeltend ijs*. Na enige tijd stond de vloeistof in het buisje stil. Bij die stand zette Celsius het cijfer 0.
- Hij hield zijn bolletje in de *damp van kokend water*, en schreef bij de plaats waar de vloeistof stilstond: 100.
- De afstand tussen 0 en 100 verdeelde hij in 100 gelijke stukjes. Elk stukje heet nu *graad Celsius* of °C.

In proef 1.2 ga je deze oplossing van Celsius zo ongeveer naspelen.

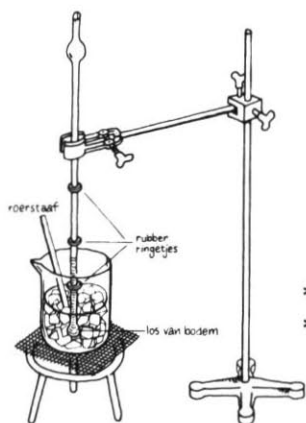
¹ Fahrenheit (1686-1736) en Réaumur (1683-1757) kozen andere oplossingen.

maak je eigen thermometer

PROEF 1.2 De oplossing van Celcius

Je hebt nodig:

- je eigen thermometer zonder schaalverdeling met de drie rubber ringetjes
- een gasbrander
- een driepoot
- een gaasje
- een bekglas van 250 ml
- een statief met dubbelklem en universeelklem
- stukgeslagen ijs
- een roerstaafje



Doe nu alles volgens de volgende aanwijzingen en schrijf jouw antwoorden op de vragen op.

- * Zet het bekglas op het gaasje op de driepoot.
- * Zet de thermometer in het bekglas. Zet hem rechtop met behulp van het statiefmateriaal.

(VOORZICHTIG! NIET KAPOT KNIJPEN)

Zorg dat het bolletje onderaan de thermometer ongeveer 1 cm van de bodem af blijft.

- * Doe het bekglas ongeveer halfvol met ijs.
- * Roer zachtjes in het bekglas en duw met de roerder het ijs steeds goed aan.

— Wat zie je nu gebeuren met de stand van de thermometer-vloeistof?

- * Wacht tot de vloeistof in de thermometer niet meer daalt. Zet dan het *onderste* rubber ringetje bij de stand van de thermometer-vloeistof.
- * Zet de brander zachtjes aan (kleine vlam) en schuif hem onder de driepoot. Roer goed in het bekglas.

— Wat zie je nu gebeuren met het ijs én met de stand van de thermometer-vloeistof?

- * Wacht tot het bolletje helemaal onder water (met ijs) staat. Blijf goed roeren. Plaats het *onderste* ringetje bij deze stand van je thermometer.

— Verandert de temperatuur zolang er nog ijs is?

- * Blijf het water verwarmen. Zet nu desnoods de brander wat harder aan. En blijf op je thermometer kijken. Ga hiermee door totdat het water kookt.

— Wat zie je dan gebeuren in het water in het bekglas én met de stand van de thermometer-vloeistof?

- * Plaats nu het *bovenste* rubber ringetje bij de hoogste stand van de vloeistof in je thermometer.

maak je eigen thermometer

Je hebt nu de punten gevonden, waar Celsius 0 en 100 bij gezet heeft. De temperatuur waarbij ijs smelt, noemen we nu 0°C . Dat is het *smeltpunt van ijs*. De temperatuur waarbij water kookt noemen we nu 100°C . Dat is het *kookpunt van water*.

- Ga nu, net als Celsius, je thermometer voorzien van streepjes. Verdeel de afstand tussen 0 en 100 graden in 10 stukken en zet bij elk streepje het juiste getal. Je kunt dit doen door de afstand tussen het onderste en het bovenste rubber ringetje over te nemen op een papierstrook. Verdeel die afstand en plak daarna de strook op de goede hoogte tegen de thermometer aan. Je thermometer is nu geijkt (dat is 'van de afgesproken schaalverdeling voorzien').
- Kun je nú zeggen hoe hoog bij proef 1.1 de temperatuur van het water uit de kraan was?

Opdracht 1.3

- Als iedereen klaar is, kan je alle thermometers uit de klas in één bak water zetten. Kijk eens naar de verschillen en overeenkomsten. Praat met je klasgenoten over de mogelijke oorzaken van de verschillen die je ziet. Schrijf op wat je hierover te weten bent gekomen.

aflezen van thermometers

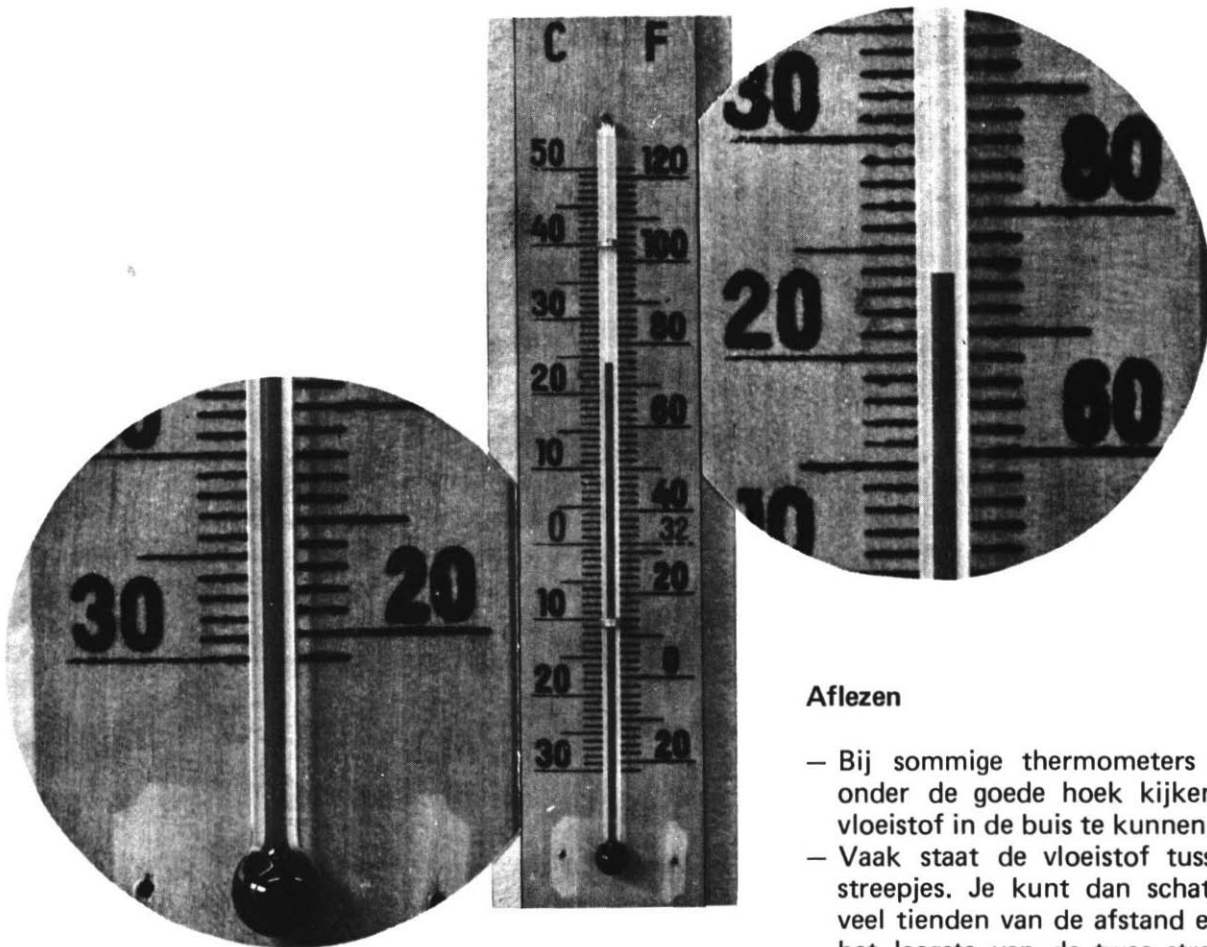
Een vloeistofthermometer bestaat uit een dunne buis met er onderaan een bolletje. Het bolletje en de buis zijn gedeeltelijk gevuld met een vloeistof (kwik, alcohol of tolueen). Als de temperatuur hoger wordt, zet de vloeistof uit. Dan komt de vloeistof hoger in het buisje.

De vloeistof zet maar een klein beetje uit. In een flesje zou die uitzetting niet eens te zien zijn. Maar in het heel smalle thermometerbuisje is de stijging van het vloeistofniveau bij temperatuurstijging wél duidelijk te zien.

Wordt de temperatuur lager, dan krimpt de vloeistof in.

Boven de vloeistof in de buis zit een luchtledige ruimte.

Meestal wordt de temperatuur aangegeven in graden Celsius ($^{\circ}\text{C}$).¹



Aflezen

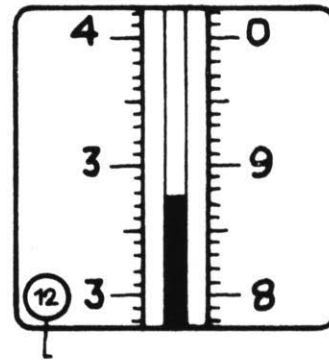
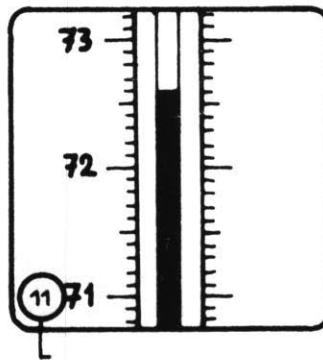
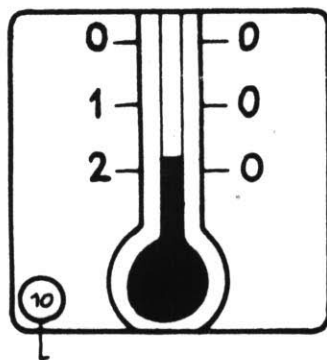
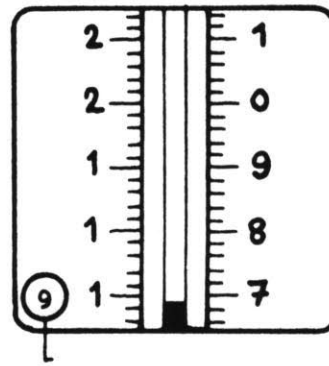
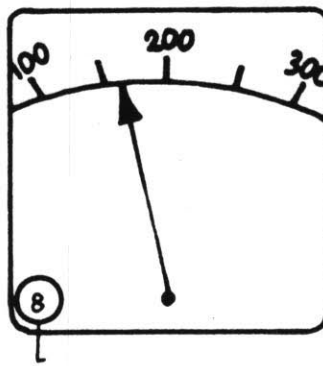
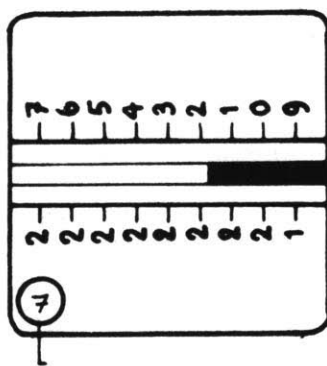
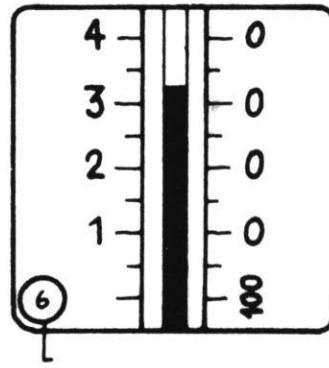
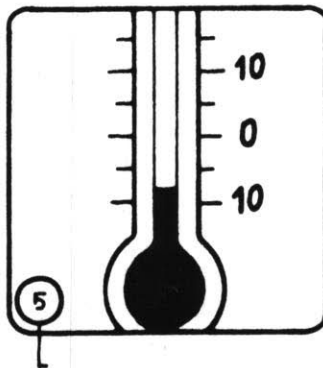
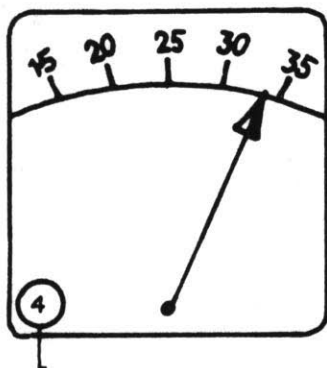
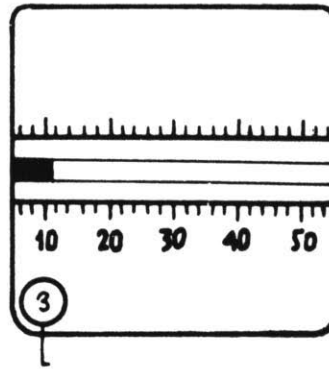
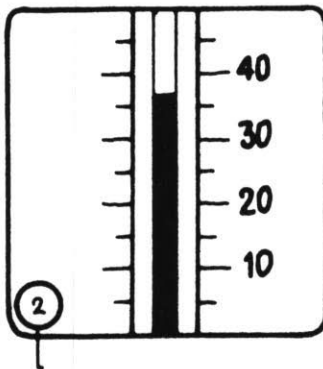
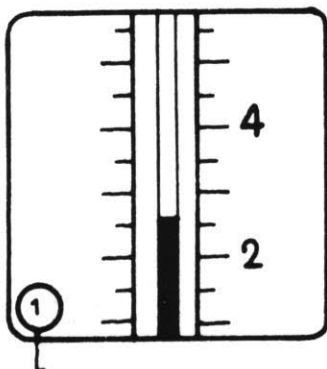
- Bij sommige thermometers moet je onder de goede hoek kijken om de vloeistof in de buis te kunnen zien.
- Vaak staat de vloeistof tussen twee streepjes. Je kunt dan schatten hoeveel tienden van de afstand er nog bij het laagste van de twee streepjes bij moet. Op de foto bijvoorbeeld staat de vloeistof tussen de 23 en 24 $^{\circ}\text{C}$. De schatting levert een temperatuur op van 23,8 $^{\circ}\text{C}$.

¹ De F op de foto komt van 'Fahrenheit'. Dat is de naam van iemand die een andere temperatuurschaal heeft bedacht. Dus: 'graden Fahrenheit'. De temperatuurschaal van Fahrenheit wordt bij ons niet veel meer gebruikt.

aflezen van thermometers

Opdracht 2.1

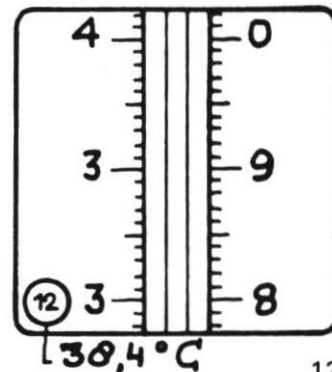
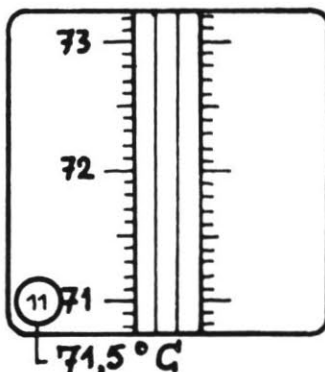
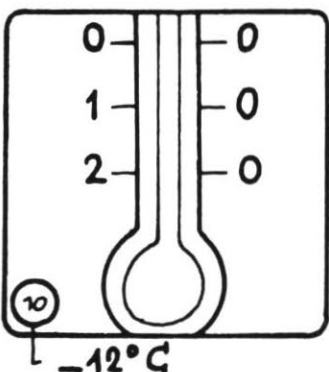
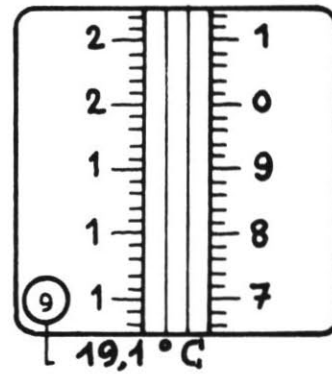
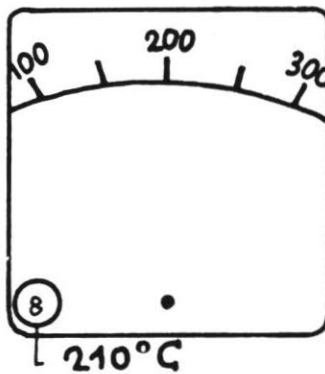
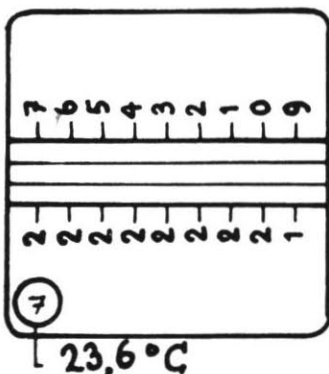
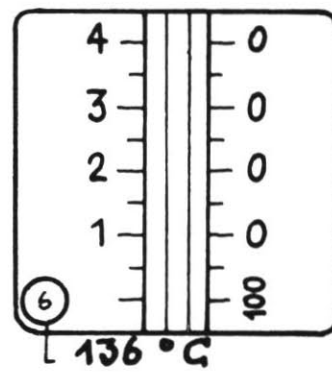
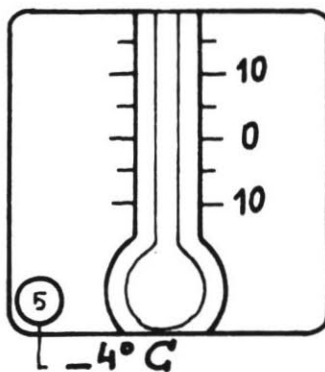
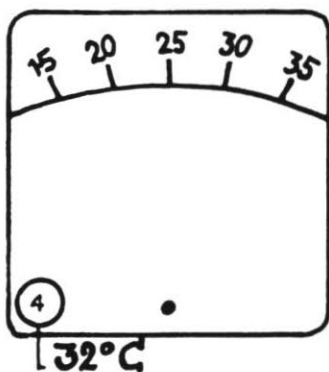
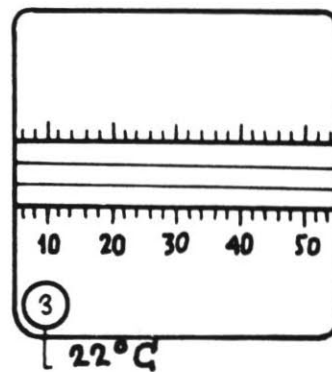
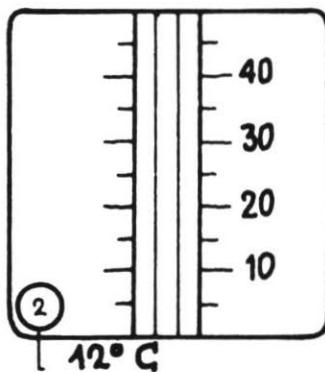
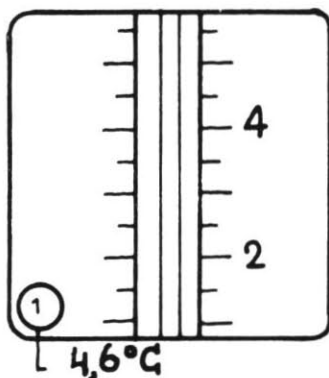
- Deze opdracht is bedoeld om je te leren een thermometer af te lezen.
Schrijf van iedere thermometer op welke temperatuur hij aangeeft.



aflezen van thermometers

Opdracht 2.2

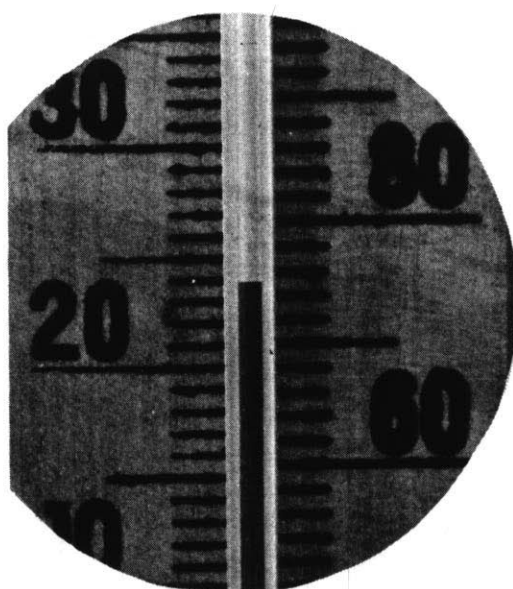
– Teken in elk van de thermometers hoe hij de aangegeven temperatuur weer-geeft.



aflezen van thermometers

Als je de opdrachten 2.1 en 2.2 hebt uitgevoerd, kan je je resultaten vergelijken met die van je klasgenoten. Schrijf van een paar gevallen alle uitkomsten op.

Die uitkomsten zijn niet bij iedereen hetzelfde. Dat komt omdat je nooit *precies* kunt aflezen wat de temperatuur is. Daarvoor nog even het volgende voorbeeld.



Is de temperatuur hier $23,7^{\circ}\text{C}$, of $23,8^{\circ}\text{C}$ of misschien $23,9^{\circ}\text{C}$?

Dat is moeilijk te zien. Maar $23,9^{\circ}\text{C}$ is wel de hoogste waarde die ik nog zou durven neerzetten. En de laagste is $23,7^{\circ}\text{C}$. Dus kan ik van de temperatuur zeggen:

De temperatuur ligt tussen $23,7^{\circ}\text{C}$ en $23,9^{\circ}\text{C}$ in.

Het resultaat van deze meting is dus niet één precieze temperatuur, maar een *temperatuurgebied*. Je kunt dat op verschillende manieren aangeven.

Bijvoorbeeld:

de temperatuur is: $t = 23,8^{\circ}\text{C} + \text{of} - 0,1^{\circ}\text{C}$ *dit betekent: de temperatuur is $23,8^{\circ}\text{C}$ met een nauwkeurigheid van $0,1^{\circ}\text{C}$.*
of
 $23,7^{\circ}\text{C} \leq t \leq 23,9^{\circ}\text{C}$ *dit betekent: de temperatuur is kleiner dan $23,9^{\circ}\text{C}$ maar groter dan $23,7^{\circ}\text{C}$.*

Bij het aflezen van een temperatuur op een thermometer ben je dus nooit helemaal zeker van het laatste stukje van je meting. Datzelfde geldt trouwens ook voor het aflezen van een lengte op een meetlint, voor het aflezen van de tijd op een klok of stopwatch, enz. Je hebt daarbij altijd en onvermijdelijk te maken met een *meetonzekerheid*. Meestal heb je van die meetonzekerheid weinig last. Met een stopwatch bijvoorbeeld, kan je de tijd meten tot op $0,1$ s nauwkeurig. Dat is voor veel metingen nauwkeurig genoeg. Maar bij schaats-

aflezen van thermometers

wedstrijden wordt de tijd wél tot op een honderdste seconde nauwkeurig gemeten. Dan is een stopwatch dus een té onnauwkeurig meetinstrument. Verder moet je bedenken dat een (school)meetinstrument niet altijd voor 100% juist geijkt kan zijn. Voer proef 2.1 maar eens uit.

PROEF 2.1

Je hebt nodig:

- drie of meer thermometers
- een bekerglas met water

* Meet met de thermometers gelijktijdig de temperatuur van het water in het bekerglas.

- Geven alle thermometers hetzelfde meetresultaat?

drie toestanden van water

Basisonderzoek 3

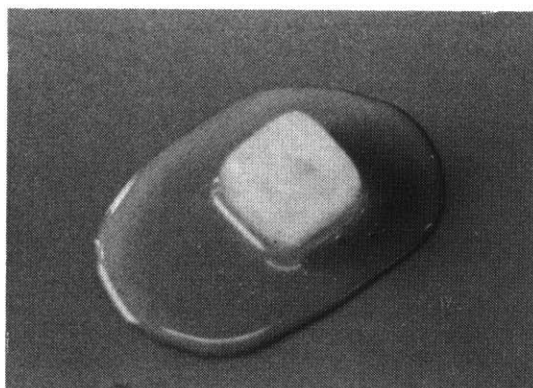
Dit onderzoek is bedoeld om je wat meer van dichtbij te laten kennismaken met:

- de eigenschappen van ijs, water en stoom
- de overgangen bevriezen (of stollen), smelten, verdampen, condenseren

Verder werk je in deze opdracht aan aflezen van temperaturen en tijden. Die meetresultaten geef je overzichtelijk weer in tabellen en diagrammen.

PROEF 3.1 Eigenschappen van ijs

- * Leg een ijsblokje voor je op een stuk vloeipapier. Raak het aan. Kijk hoe het smelt.
- * Doe het ijsblokje in een bekersglas met water.
 - Zinkt het? Is ijs zwaarder dan water? (Deze proef kun je thuis uitvoeren).
- * Ijs neemt een groter volume in dan het water waarvan het gemaakt is. Je kunt dat controleren door een klein potje met draaideksel helemaal met water te vullen en heel goed af te sluiten. Leg dat een paar uur in het vriesvak van de koelkast. Kijk hoe je het er weer uithaalt.
 - Begrijp je nu hoe waterleidingen kunnen springen door de vorst?
- * Geef eens een klap met een hamer (of een ander hard voorwerp) op het ijsblokje.



- Wat gebeurt er? Kan je ijs vervormen?

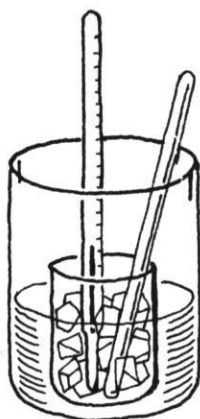
Opdracht 3.1

- Maak van proef 3.1 en de antwoorden op de vragen een kort verslag.

PROEF 3.2 Smelten van ijs

- * Neem een paar blokjes ijs en sla die kapot in een doek. Doe de ijskruimels in een klein bekersglas en zet er een thermometer in. Duw met een glasstaafje het ijs zo goed mogelijk in elkaar.

drie toestanden van water



- * Zet het kleine bekerglas in een groter glas met water van ongeveer 40°C .
- * Meet nu om de minuut de temperatuur in het bekerglas met ijs. Blijf daarbij het ijs goed aanduwen. Als er wat ijs gesmolten is, kun je met het glasstaafje verder roeren.

- Noteer je waarnemingen eerst in een tabel.
- Maak er daarna een diagram van volgens de instructie **Diagrammen maken** (blz. 29).

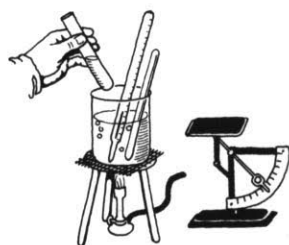
Feitelijk heb je nu net zoiets gedaan als Celsius:

De temperatuur van smeltend ijs is onder normale omstandigheden 0°C en blijft zo tot alle ijs gesmolten is.

Opdracht 3.2

- Bij proef 3.2 begon de temperatuur al te stijgen vóórdat al het ijs gesmolten was. Dat klopt dus niet met de uitspraak dat 'de temperatuur van smeltend ijs onder normale omstandigheden 0°C blijft tot alle ijs gesmolten is.' Probeer daar eens een verklaring voor te geven.
- Maak een kort verslag van proef 3.2, met daarin onder andere het diagram van de temperatuur tegen de tijd.

PROEF 3.3 Verdampen van water



- * Neem een bekerglas met 150 ml water. Weeg het bekerglas met water en noteer het gewicht.
- * Zet het bekerglas met water op een driepoot. Zet een thermometer in het water. Plaats een gasbrander onder de driepoot en steek die aan (maak de vlam niet al te heet).
- * Roer in het water met een glasstaaf.
- * Doe *iedere minuut* de volgende dingen:
 - registreer de temperatuur van het water en zet die in een tabel
 - hou een reageerbuisje, half gevuld met koud water, even boven het wateroppervlak. Noteer in de tabel erbij wat je gezien hebt
 - noteer wat je in en boven het water allemaal ziet gebeuren
- * Doe dit totdat het water volop kookt. Blijf dan nog 5 minuten de temperatuur van het water registreren.
- * Weeg nu opnieuw het bekerglas en bepaal het verschil met het gewicht van daarstraks (vóór de proef).
 - Wat is er gebeurd met het verdwenen water?
 - Waaraan heb je kunnen zien hoe het water verdampt?
 - Wat kun je in het algemeen zeggen van de snelheid waarmee het water verdampt als de temperatuur hoger wordt?
 - Wat voor bijzonders is er aan het verdampen als het water kookt?
 - Maak van de waarnemingen van de temperatuur een diagram volgens de instructie **Diagrammen maken** op blz. 29.

drie toestanden van water

Dit is de tweede helft van het verhaal van Celsius:

Zolang het water kookt, blijft onder normale omstandigheden de temperatuur 100 °C.

Opdracht 3.3

— Maak van proef 3.3 een kort verslag, waarin alle vragen zijn beantwoord.

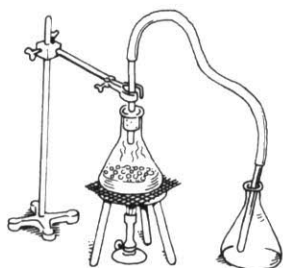
PROEF 3.4 Condensatie van waterdamp

Meestal bevindt zich in de lucht een behoorlijke hoeveelheid waterdamp.

Die waterdamp zie je condenseren op verschillende manieren:

- in nevels, bijv. boven heet water
- in 'beslaan' van ruiten, brillen, enz.

Bij deze ga je waterdamp (stoom) laten condenseren.



- * Neem een erlenmeyer met een doorboorde kurk. Door de doorboorde kurk steekt een buisje van glas. Aan het buisje zit een slang (van ongeveer 30 cm). Aan die slang zit weer een buisje.
- * Vul de erlenmeyer met 100 ml water en sluit hem af. Zet de erlenmeyer op de driepoot en bevestig hem daar stevig met behulp van een statief met klem.
- * Steek nu de gasbrander onder de erlenmeyer aan en steek het glazen buisje aan het eind van de slang in een andere (droge) erlenmeyer.
- * Noteer wat je in die droge erlenmeyer ziet gebeuren.

— Waar komt dat water en die nevel vandaan?

- * Neem nu een bekerglas met 150 ml water en een thermometer erin.
- * Weeg het bekerglas en noteer het gewicht ervan.
- * Meet ook de temperatuur van het water en noteer die.
- * Wacht tot er een mooie wolk waterdamp uit het buisje komt.
- * Doe dan het buisje goed onder water in het bekerglas en let op wat er gebeurt. Roer regelmatig in het bekerglas en noteer (bijv. om de twee minuten) de temperatuur.
- * Ga daarmee een tijdje door (verder dan 100 °C kan niet).
- * Noteer nu de eindtemperatuur en weeg weer het bekerglas met thermometer en water.



— Wat merk je op als je het gewicht van het bekerglas nu vergelijkt met dat vóór de proef?

— Waar is dat extra gewicht vandaan gekomen?

Doordat de hete stoom is gecondenseerd in het water, is dat water verwarmd. Waterdamp geeft dus warmte af als het condenseert.

Opdracht 3.4

— Maak een kort verslag van proef 3.4.

Natuurlijk weet je, dat water ijs wordt als je het erg koud maakt. Omgekeerd wordt ijs weer water als je het ijs warm maakt: het ijs smelt. In dit onderzoek kan je uitzoeken hoe dit gebeurt. Dit doe je dan door steeds goed de temperatuur van het ijsblokje dat wordt opgewarmd te meten. Het 'smeltgebeuren' kun je zichtbaar maken met behulp van een diagram.

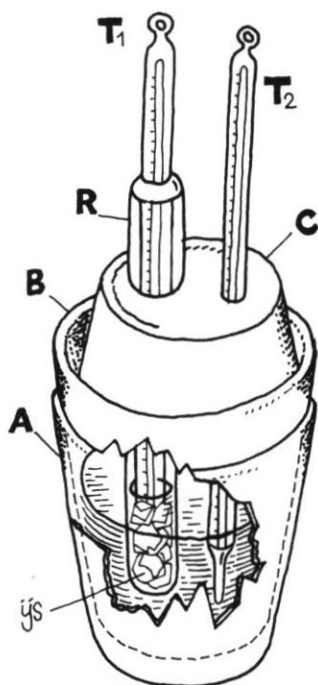
PROEF 4.1

Voor de proef kun je gebruik maken van de opstelling waarvan hieronder een schets staat.

A en B zijn twee in elkaar geschoven soepbekers van piepschuim. C is een halve soepbeker die als deksel wordt gebruikt. R is een buisje van glas (reageerbuis), dat door het deksel is geprikt.

In het buisje is een thermometer T_1 gestoken. Het uiteinde van de thermometer zit in een stukje ijs dat in de buis onder een kurk is ingevroren.

T_2 is een tweede thermometer die door het deksel is gestoken. Het uiteinde van deze thermometer steekt in het water dat in de beker zit. Dit water moet een begintemperatuur hebben van ongeveer $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Om de proef uit te voeren heb je ook nog een stopwatch nodig.



De temperatuur van het ijs en van het water kun je aflezen door de reageerbuis en de thermometer tegelijk een stukje omhoog te trekken (NIET UIT HET DEKSEL).

Het ijs smelt erg gauw. Om te zorgen dat je proef goed slaagt, moet je eerst een keer droogzwemmen. Daar bedoelen we mee, dat je net doet of je ijs in een reageerbuis hebt. Verder doe je alle handelingen die hierna beschreven zijn. Zo kun je er achter komen of iedereen in de groep weet wat hij moet doen voordat je echt met ijs aan de gang gaat.

ijs en water

De proef gaat nu als volgt:

- * Meet om de 30 seconden steeds de beide temperaturen t_1 en t_2 . Noteer je meetresultaten in een tabel zoals hieronder.
- * Kijk ook of je in de reageerbuis *ijs*, *water* of *ijs + water* ziet.
(NB: Tussen de metingen door de bekertjes zachtjes heen en weer schudden om te zorgen dat het water overal even warm is).

TIJDSTIP V. METING IN MIN.	TEMP. t_1 IN °C	TEMP. t_2 IN °C	JE ZIET	
			IJS	WATER
0			X	
0,5			X	
1			X	
1,5				
2				
2,5				
3				

Wellicht heb je opgemerkt dat je niet zo gemakkelijk deze proef alléén uitvoert. Je moet de tijd in de gaten houden, twee temperaturen aflezen en dan ook nog noteren.

Daarom het volgende advies. Doe de proef met zijn vieren.

- Eén houdt de tijd in de gaten en geeft steeds aan op welk tijdstip de temperaturen moeten worden geregistreerd.
- Op het bewuste moment worden de reageerbuis R (mét de thermometer T_1) en de thermometer T_2 tegelijkertijd omhoog getrokken. Dit gebeurt door twee mensen: één trekt R omhoog en de ander trekt T_2 omhoog. Dan wordt door beiden de temperatuur op T_1 en T_2 afgelezen.
- Een vierde schrijft deze temperaturen én wat je ziet in de tabel op.
- Ga door totdat T_1 en T_2 dezelfde temperatuur aangeven.

Opdracht 4.1

- Maak nu een diagram van de temperatuur t_1 (verticaal) tegen de tijd (horizontaal) en ook een van de temperatuur t_2 (verticaal) tegen de tijd (horizontaal) op hetzelfde papier. Gebruik zo mogelijk millimeterpapier.

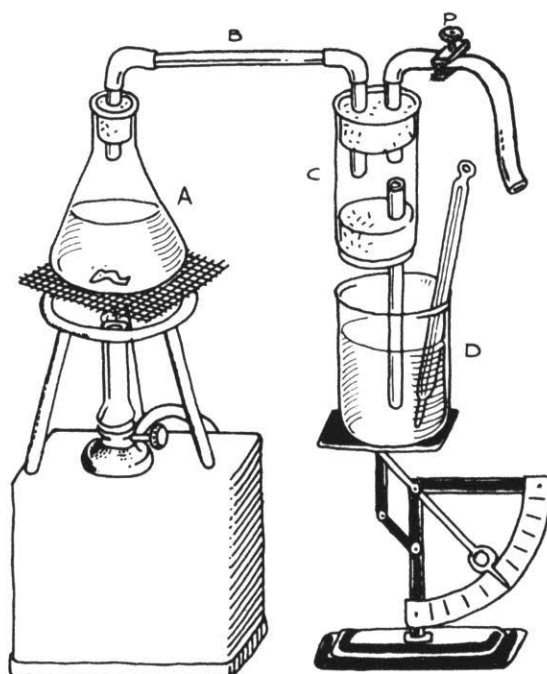
Geef in de lijn die de verandering van t_1 in de loop van de tijd weergeeft, met verschillende kleuren aan waar je alleen *ijs*, *ijs met water* en alleen *water* zag.

- Geef nu ook in woorden het verloop van de twee diagrammen weer. Je kunt de lijn die de verandering van t_1 weergeeft in drie stukken splitsen. Wat gebeurt er in elk van die drie stukken?
- Hoe kun je in het diagram zien dat ijs warmte nodig heeft om te smelten?
- Maak van de hele proef een verslag waarin tenminste alle vragen uit deze opdracht worden beantwoord.

Dit onderzoek geeft je de gelegenheid eens nauwkeurig te volgen welke effecten het condenseren van stoom in water heeft. Er is een vrij ingewikkelde proefopstelling voor nodig om te realiseren dat het zo precies mogelijk gaat. Het verschil met proef 3.4 uit onderzoek 3 is vooral dat er veel méér en nauwkeuriger te meten valt.

PROEF 5.1

Bij deze proef wordt een ingewikkelde opstelling gebruikt. Hieronder zie je er een schets van.



In de erlenmeyer A wordt water aan de kook gebracht door de vlam uit een gasbrander. De stoom wordt door buis B geleid naar de cilinder C¹. Dan komt de stoom door een pijpje in het koude water van het bakje D terecht. De stoom koelt af en wordt water. Het bakje D is op een brievenweger geplaatst, zodat je kunt meten hoeveel water er bij komt. In het water van het bakje steekt een thermometer. Hiermee kan je nagaan hoe de temperatuur verandert als de stoom in het bakje condenseert.

1 De cilinder C wordt ook wel 'waterzak' genoemd. Deze waterzak is in de opstelling opgenomen om de volgende reden. Het is de bedoeling van de proef dat de stoom in het water van bakje D condenseert. Maar de stoom k n al eerder condenseren, bijv. in buisje B. Dit condenswater mag niet in bakje D terechtkomen. De waterzak vangt deze te vroeg gecondenseerde stoom op.

Leg uit h e de waterzak er voor zorgt dat de te vroeg gecondenseerde stoom niet in bakje D terechtkomt.

stoom wordt water

Door de slang P kan stoom ontsnappen. Deze slang kan met een slangklem afgesloten worden. Waar de slang P met de slangklem voor nodig is, wordt duidelijk als je de proefinstructies hieronder uitvoert.

Voordat je begint moet je dit eerst goed doorlezen; daarna kun je de proef uitvoeren.'

- * Vul bakje D voor driekwart met water.
- * Vul de kolf (dat is de erlenmeyer) voor een kwart met water.
- * Maak de opstelling zoals in de tekening is aangegeven. Zet de erlenmeyer A en de waterzak C met behulp van statiefmateriaal vast.
- * Draai de slangklep in P open.
- * Steek de brander aan.
- * Breng het water in de kolf aan de kook.
- * Kijk wat er gebeurt.
- * Op een gegeven moment gaat de binnenkant van de waterzak C beslaan. De stoom kan dan ontsnappen door de slang P en komt niet in D terecht.
- * Lees de uitslag van de brievenweger en de temperatuur van het water in bakje D af.
- * Draai nu de slangklep in P dicht, en start de stopwatch.
- ** Als de temperatuur van het water in bakje D 5 graden is gestegen, open dan de slangklep in P *en* stop de stopwatch.
- Lees de uitslag van de brievenweger af en noteer deze in de tabel.
- Noteer ook de temperatuur en de tijd.
- * Sluit slangklep in P en laat de stopwatch *verder* lopen.
- * Herhaal nu steeds vanaf ** totdat de temperatuur tot het kookpunt is gestegen. Draai dan de gaskraan dicht.

UITSLAG BRIEVEN WEGER	TEMP.	TIJD
in g.	in °C	in sec.

stoom wordt water

- Wat zie je nu gebeuren? Kun je dat verklaren?
- Kun je uitleggen waarom je de slangklep in P steeds open en dicht moet doen?

Opdracht 5.1

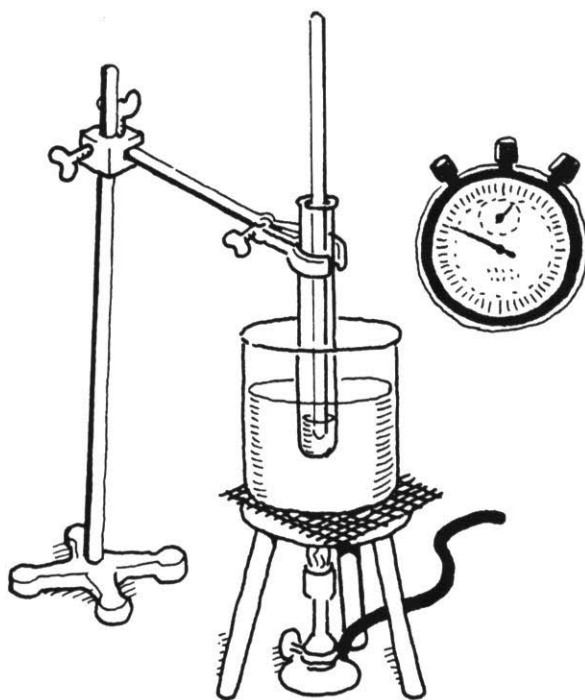
- Maak twee diagrammen: een diagram van de temperatuur (verticaal) tegen de uitslag van de brievenweger (horizontaal), en een diagram van de temperatuur (verticaal) tegen de tijd (horizontaal). Gebruik zo mogelijk millimeterpapier.
- Probeer ook een antwoord te vinden op de volgende vragen:
 - Waardoor wordt het water in beker D warmer?
 - Wat kun je uit de diagrammen afleiden?
 - Waar is het water gebleven dat tijdens het verhitten uit de erlenmeyer is verdwenen?
- Probeer tenslotte de hele proef in woorden te beschrijven. Maak van dit alles een verslag waarin tenminste alle vragen uit dit onderzoek worden beantwoord.

smelt- en stoldiagrammen

In dit onderzoek ga je een paar makkelijk smeltbare stoffen met elkaar vergelijken door in diagrammen weer te geven hoe ze smelten en stollen.

PROEF 6.1 Smelten

- * Vul een reageerbuis voor ongeveer een derde deel met paraffine (de paraffine eerst snipperen).
- * Vul een bekerglas met ongeveer 300 cm³ water. Verwarm dat water tot ongeveer 65 °C en stel de vlam zo laag dat de temperatuur van het water zo ongeveer op die waarde blijft.
- * Klem de reageerbuis in een statiefklem.



- * Plaats een thermometer in de reageerbuis. Zorg dat de inhoud van de reageerbuis goed tegen de thermometer aan zit.
- * Stel de reageerbuis zó op, dat hij goed onder water in het bekerglas staat.
- * Noteer elke halve minuut de temperatuur van de paraffine in een tabel. Blijf met de thermometer zo goed mogelijk in de reageerbuis roeren als het smelten eenmaal begonnen is. Ga hiermee door totdat de temperatuur van de stof in de reageerbuis de 60 °C gepasseerd is.
- * Herhaal deze proef met een reageerbuis met stearine (een witte kaars snipperen) en met kaarsenwas (in poedervorm).
- * Bewaar de drie reageerbuizen met inhoud voor proef 6.2 (en zorg dat je weet wát er in wélke reageerbuis zit).

smelt- en stoldiagrammen

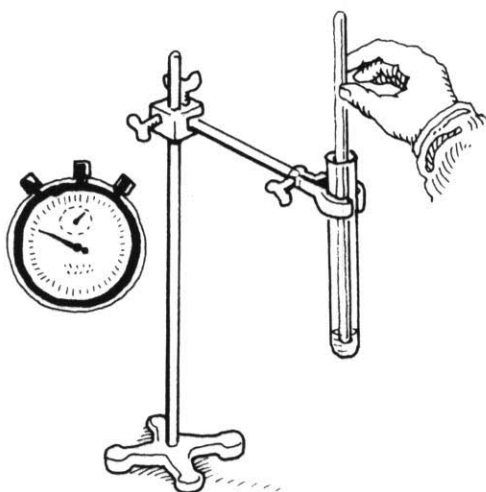
Opdracht 6.1

- Zet in een diagram de temperatuur van de gesmolten stoffen (verticaal) uit tegen de tijd (horizontaal). Gebruik daarvoor zo mogelijk millimeterpapier. Geef de grafiek van iedere stof een verschillende kleur.
- Merk je verschillen tussen de drie verschillende stoffen?
- Wat kun je in de grafiek terugvinden van het smelten?

PROEF 6.2 Stollen

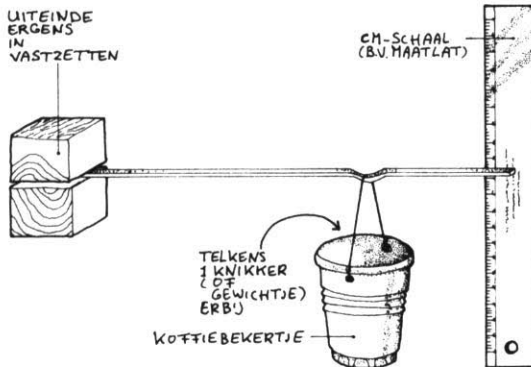
In stoldiagrammen is wat duidelijker weer te geven waar het smeltpunt (stolpunt) van een stof ligt.

- * Smelt (in heet water) de stof (bijv. paraffine) in de reageerbuis en laat de temperatuur oplopen tot ongeveer 80°C (als het gesmolten is kan er een thermometer in).
- Klem dan de reageerbuis in een statiefklem.
- * Noteer nu om de halve minuut de temperatuur in de reageerbuis. Blijf daarbij steeds voorzichtig roeren met de thermometer. Begin op z'n laatst bij 60°C (anders weer even opwarmen) en hou niet eerder op dan beneden 50°C .
- * Herhaal deze proef met de twee andere reageerbuizen, gevuld met stearine en kaarsenwas.



Opdracht 6.2

- Noteer nu in een diagram van alle drie de stoffen (met verschillende kleur) het temperatuurverloop (verticaal) tegen de tijd (horizontaal). Gebruik zo mogelijk millimeterpapier.
- Vergelijk de resultaten die je nu in je diagram ziet met die van proef 6.1 van dit onderzoek.
- Maak van alles wat je bij dit onderzoek gedaan en gevonden hebt een verslag.



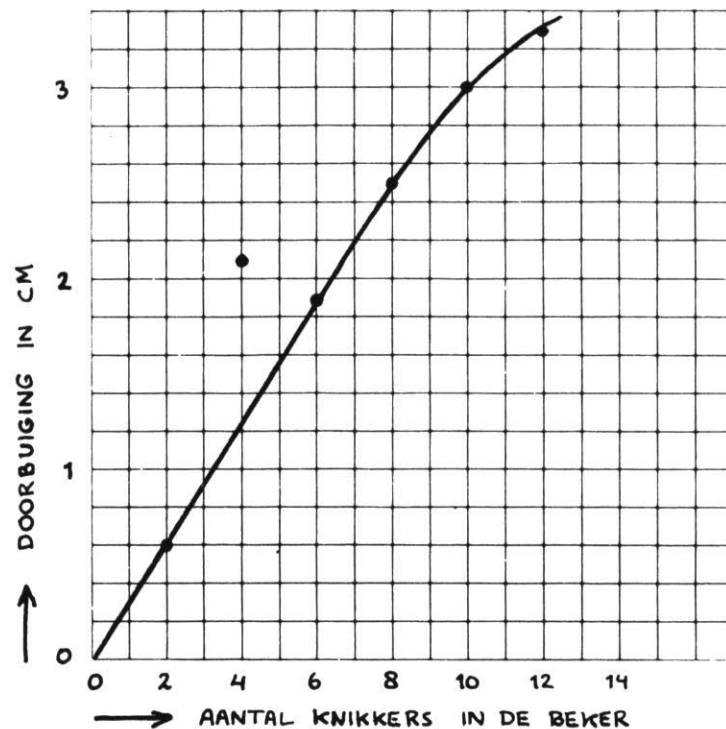
In de wiskunde en in het thema *Mensen en metalen* heb je waarschijnlijk wel vaker diagrammen gemaakt. In zo'n diagram kun je in één oogopslag het resultaat van een groot aantal metingen overzien. Daardoor kun je vrij gemakkelijk conclusies trekken.

Je hebt bij het thema *Mensen en metalen* de doorbuiging van een metalen strip gemeten bij verschillende aantallen knikkers in het bekertje dat aan de strip hing.

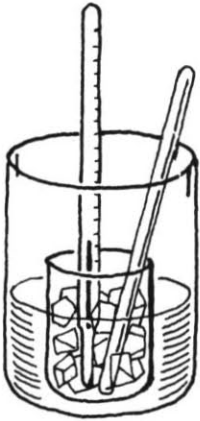
AANTAL KNIKKERS IN HET BEKERTJE	2	4	6	8	10	12	14
DOORBUIGING VAN DE STRIP IN CM	0,6	2,1	1,9	2,5	3,0	3,3	

Hieronder zijn de metingen weergegeven in een diagram.

- Bij welke meting is er een meetfout gemaakt?
- In het diagram zie je in één oogopslag welk verband er bestaat tussen het aantal knikkers in het bekertje en de doorbuiging van de strip. Breng dat verband onder woorden.



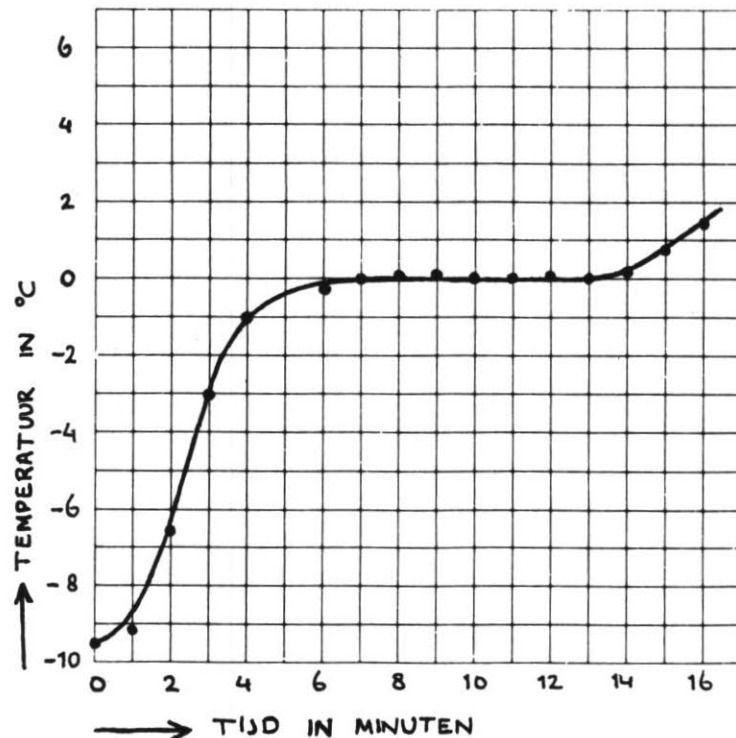
diagrammen maken



Bij onderzoek 3, proef 3.2 heb je de temperatuur gemeten van het ijs in een bekeerglas.

- In het diagram zijn meetresultaten van deze proef weergegeven. Lees uit het diagram af bij welke temperatuur het ijs smelt.

Tijd in min.	TEMP. in °C
0	-9,5
1	-9,1
2	-8,7



In deze twee voorbeelden heb je een diagram op twee verschillende manieren gebruikt. In het eerste geval (de doorbuiging van de metaalstrip) kon je het verband tussen doorbuiging en aantal knikkers in het bekertje zien (en bovendien heb je nog een meetfout ontdekt ook!). In het tweede geval (het smelten van ijs) gebruikte je het diagram om er een bepaalde waarde (het smeltpunt van ijs) uit af te lezen.

Aan deze twee voorbeelden kun je ook zien dat er een paar regels zijn voor het tekenen van diagrammen:

- Dat wat je *zelf* verandert (bijv. het aantal knikkers in het bekertje) of wat *uit zichzelf* verandert (bijv. de tijd bij de smeltproef) zet je uit op de horizontale as.

Dat wat je dan *meet* (bijv. de doorbuiging of de temperatuur) zet je uit op de verticale as van het diagram.

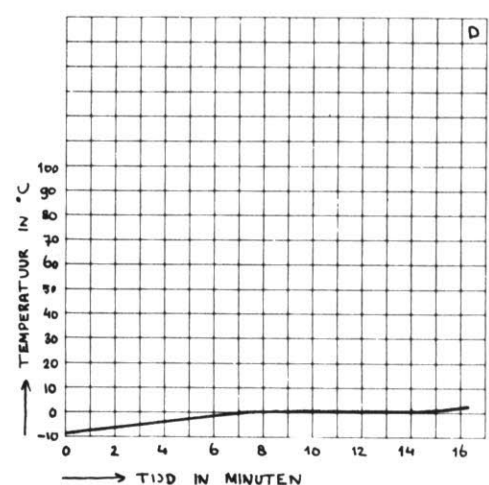
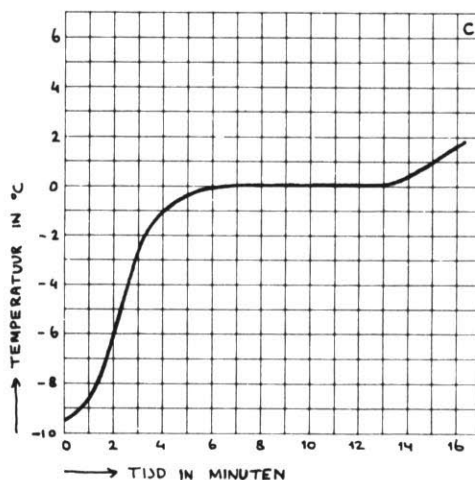
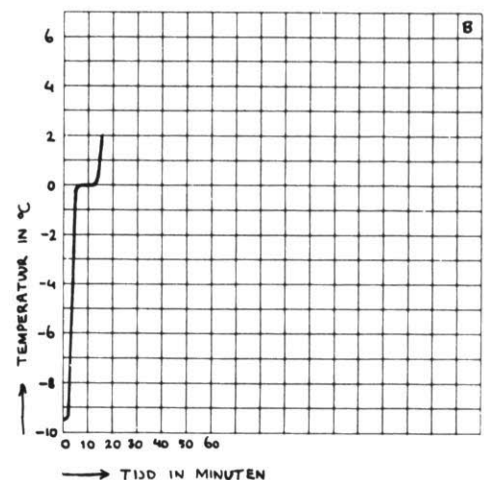
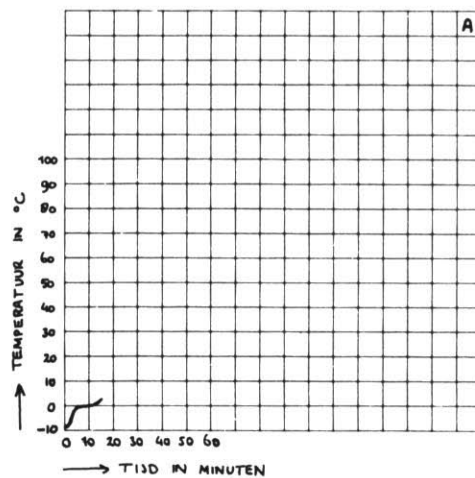
diagrammen maken

- Bij de assen van het diagram moet staan wat de getallen op die assen voorstellen (bijv. 'DOORBUIGING in cm' of 'TIJD in minuten'). Over welke getallen je bij de assen zet, straks meer bij 'schaal'.
- De meetpunten geef je duidelijk aan met bolletjes (of kruisjes of vierkantjes).
- Je maakt het plaatje compleet met een vloeiende lijn die zo goed mogelijk bij de meetpunten aansluit. Over deze regel straks meer bij 'meetonzekerheid'.
- Van meetpunten die ver buiten de lijn liggen, trek je je niets aan: dat zijn kennelijk meet- of opschrijffouten. (Je zou die meting nog eens een keer kunnen herhalen.)

De schaal

De bedoeling van een diagram is, dat je zo goed mogelijk kunt overzien wat je wilt weten. Daarom moet je er voor zorgen dat de schaal langs de assen van het diagram zo ruim mogelijk is opgezet.

- Geef aan welke van de vier volgende grafieken je het beste vindt, en waarom.



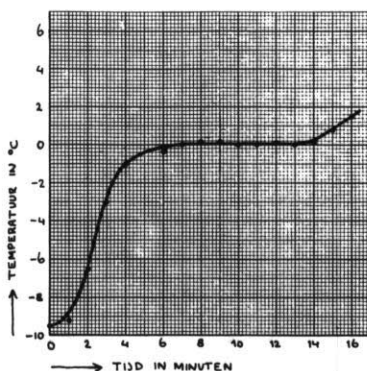
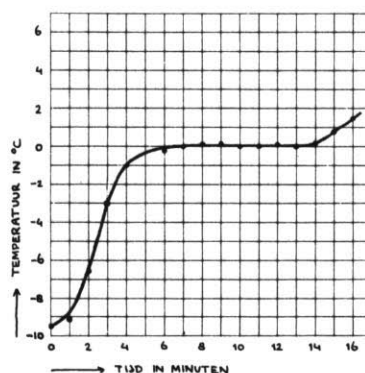
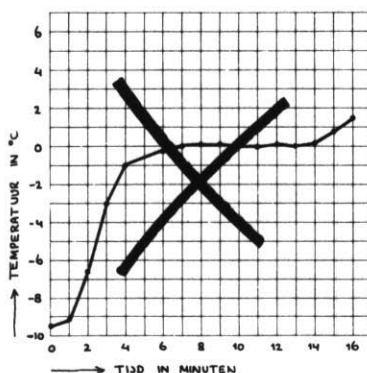
diagrammen maken

Als je de schaal langs de assen van de grafiek ruim opzet, heb je minder moeite met het intekenen van de meetpunten. In grafiek C bijv. is een (gemeten) temperatuur van $-8,7^{\circ}\text{C}$ gemakkelijker op de verticale as op te zoeken dan in grafiek D (daar is dat trouwens onmogelijk). Bij een ruime opzet van de grafiek kun je bovendien veel beter zien wanneer er veranderingen optreden in de gemeten waarden. In grafiek D bijv. is niet te zien op welk tijdstip de temperatuur weer vanaf 0°C begint te stijgen. In grafiek C is dat veel duidelijker zichtbaar.

De meetonzekerheid

In onderzoek 2 over het aflezen van thermometers heb je gemerkt dat je bij iedere aflezing te maken hebt met een meetonzekerheid. Als je op de thermometer een temperatuur afleest van $23,8^{\circ}\text{C}$, dan zou dat best $0,1^{\circ}\text{C}$ hoger of lager kunnen zijn. Zoiets geldt ook voor de tijd. In onderzoek 3 moet je op bepaalde tijdstippen de temperatuur aflezen. Dat lukt natuurlijk nooit. Je bent óf te laat óf te vroeg (en misschien wel eens een keer op tijd). Het meetpunt in een diagram kan dus net zo goed wat meer omhoog of omlaag of wat meer naar links of naar rechts liggen.

Omdat het onzeker is waar het meetpunt in een diagram precies ligt, is het bij het tekenen van een vloeiende lijn ook niet belangrijk dat die lijn door alle meetpunten gaat. Je trekt de lijn zó, dat hij zo goed mogelijk bij de meetpunten aansluit.



Millimeterpapier

Het tekenen van grafieken gaat erg handig op ruitjespapier. Nog handiger is het om millimeterpapier te gebruiken. Je kunt daar nauwkeuriger op werken dan op ruitjespapier.

Begeleidingscommissie S.V.O.-project 0213 (vooronderzoek voor het PLON, 1972-1974)

F. van de Maesen (voorzitter tot 1973); hoogleraar natuurkunde Technische Hogeschool Eindhoven
 N.J. Heijkoop (voorzitter 1973-1974); inspecteur voortgezet onderwijs
 W.P.J. Lignac (secr.); secretaris Commissie Modernisering Leerplan Natuurkunde
 S. Auer, algemeen didacticus Universiteit van Amsterdam
 F. Balkema, inspecteur voortgezet onderwijs
 H.P. Hooymayers, lector natuurkundedidactiek Rijks Universiteit Utrecht
 H.J.L. Jongbloed (1972-1973), mediadeskundige NIAM
 J. Schweers, leraar natuurkunde havo/vwo
 J. Smit, inspecteur voortgezet onderwijs
 E. Warries, hoogleraar onderwijskunde Technische Hogeschool Twente
 M. van Wieringen (1973-1974), mediadeskundige NIAM

Stuurgroep PLON (1974-heden)

H.P. Hooymayers (voorzitter), hoogleraar natuurkundedidactiek Rijks Universiteit Utrecht
 W.P.J. Lignac (secr. tot 1978), secretaris Commissie Modernisering Leerplan Natuurkunde
 A.A.M. Agterberg (secr. sedert 1978), secretaris Advies Commissie voor de Leerplan Ontwikkeling Natuurkunde in oprichting
 P. Broekman (sedert 1980), hoofd afdeling Beta en Gamma-vakken CITO
 F. Dekkers (sedert 1979), hoofddocent natuurkunde Moller Instituut
 H. Lengkeek (tot 1977), leraar natuurkunde mavo
 D.A. Lockhorst (tot 1978), leraar natuurkunde havo/vwo
 J. Schipper (sedert 1980), medewerker A.P.S.
 A. Snater (tot 1980), hoofddocent natuurkunde Stichting Opleiding Leraren
 F.J. Steenbrink (tot 1978), leraar natuurkunde vwo
 J.M.F. Teunissen (tot 1975), onderwijskundige Rijks Universiteit Utrecht
 W.C. Vink (tot 1979), directeur Christelijke Mavo te Putten
 R. de Vries (sedert 1980), leraar natuurkunde havo, vwo, namens de NVON
 E. Warries (tot 1975), hoogleraar onderwijskunde Technische Hogeschool Twente
 S.A. Wouthuysen (tot 1976), hoogleraar natuurkunde Universiteit van Amsterdam

Kerngroep mavo

G.H. Frederik, vakdidacticus Rijksuniversiteit Utrecht; tot 1979 voorzitter van de ACLO-n i.o.
 H. Eeftink (sedert 1980), leraar natuurkunde mavo
 D. Hobo (tot 1979), directeur van de Chr. Mavo de Lier
 S.G.C. Markering, hoofddocent natuurkunde Gelderse Leergangen
 Ch. van Raemdonck (sedert 1980), leraar natuurkunde mavo (PLON)
 J. Vastbinder (sedert 1980), leraar natuurkunde M.T.S.
 W.C. Vink (tot 1979), directeur Christelijke Mavo Putten

PLON-team mavo/havo/vwo-onderbouw

H.F. van Aalst
 W. van Bochoven (1976-1978)
 W. Bijker (1979-1981), Rijks Universiteit Utrecht
 H. Boelhouwer (sedert 1979), S.V.O.
 S.O. Ebbens (1976-1980)
 C. Floor (1979-1980)
 A.C.L. van Gameren (sedert 1977)
 D. van Genderen, Rijks Universiteit Utrecht
 F.L. Gravenberch (sedert 1978)
 C.A.S. Groen (tot 1980)
 W.H. Kamphuis (sedert 1975)
 J. Kortland (sedert 1980)
 B.M. de la Parra (sedert 1977)
 B. Peluassy
 P. de Raad (1977-1978), onderzoeksassistent
 A.E. van der Valk (sedert 1980)
 R.F.A. Wierstra
 Th. Wubbels (1978-1979)
 J. Zwarts (1977-1978), onderzoeksassistent

PLON-administratie

E. van den Broek (1976-1979)
 R. Lindeman (1977-1980)
 M. Rolff van den Baumen (1974-1979)
 B. Schillert (sedert 1980)
 A.G. Schwering (sedert 1980)
 H. Veurink (tot 1974)

Tekeningen

A. Lurvink (Onderwijsmedia instituut
 – Rijks Universiteit Utrecht)
 H. de Waal (Onderwijsmedia instituut
 – Rijks Universiteit Utrecht)

Foto's

A.C.L. van Gameren (PLON)
 W.H. Kamphuis (PLON)

PLON-CITO (namens CITO)

F. Boessenkool
 P. Broekman
 C. Hellingman
 T. Heuvelmans
 H. Jaspers
 J. de Kanter

Proef- en volgscholen 1980-1981

Chr. Mavo Putten te Putten
 Chr. Mavo de Lier te De Lier
 Thorbecke S.G. te Arnhem (mavo-afdeling)
 Edith Stein College te Den Haag
 Chr. Mavo Mariahoeve te Den Haag
 Maasveld Mavo te Blerick
 Regina Pacis Streekschool te Oudewater
 R.S.G. Schagen te Schagen
 Hertog Jan College te Valkenswaard
 Marnix College te Ede
 Niels Stensen College te Utrecht
 Ashram College te Alphen a/d Rijn
 Mavo de Bark te Zaandam
 S.G. Oost Betuwe te Bemmelen
 R.S.G. Brokdele te Breukelen
 Eemland College Noord te Amersfoort
 Grotius College te Heerlen
 S.G. Nijmegen Oost te Nijmegen
 Chr. S.G. de Brug te Lelystad
 Dr. Edith Stein Mavo te Eindhoven
 Michaël Mavo te Beek-Ubbergen
 Chr. S.G. Jan van Arkel te Hardenberg
 Mavo 't Fregat te Zaandam
 Chr. S.G. Revis te Deventer

